

레이다 영상과 광학 영상의 자동등록 및 지형요소 추출

Automatic Registration and Feature Extraction of Radar and Optical Imagery

조형진* · 진경혁** · 유복모*** · 유환희****

Zo, Hyung Zin · Jin, Kyeong Hyeok · Yeu, Bock Mo · Yoo, Hwan Hee

1. 서 론

지구 표면상의 지형요소들에 대한 형상(features)을 정확하게 인식하는 것은 그 특징을 도화하기 위해 사용되는 영상의 특징에 크게 좌우된다. 특정지역의 지도를 만드는데 한 가지 종류의 센서 자료를 사용하는 것은 충분하지 못하며 근래 점점 발달하고 있는 위성기술의 동향을 볼 때, 다중센서 자료를 사용하여 각각의 센서가 지니고 있는 고유한 특징을 통합하여 다각적으로 분석할 필요가 있다. Radarsat과 같은 SAR 영상은 일반적인 광학 위성영상과는 달리 태양이나 구름과 같은 기상상태의 영향을 받지 않고 촬영이 가능하며, 가시광선대에서 얻을 수 없는 대상물의 특성을 얻을 수 있으므로 촬영조건에 제약이 적은 장점이 있다. Kompsat 위성은 중해상도의 광학 위성으로, 시각적으로 보이는 형상을 취득할 수 있으며 우리나라 위성으로서 자료의 접근과 취득이 용이하다. 또한 비교적 짧은 촬영주기와 Radarsat 영상에 비해 해상도가 뛰어난 장점이 있다. 이런 이유로 Radarsat 자료와 Kompsat 자료의 서로 다른 특징들을 통합하였다.

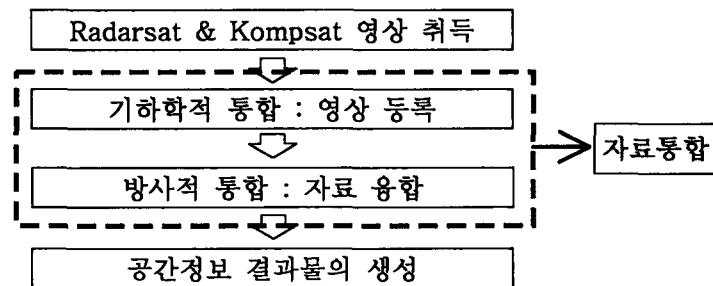


그림 1 자료통합의 개념도

자료의 통합(Data integration)은 다른 센서에서 나온 영상들을 통합하여 하나의 자료를 생성하기 위해 자료를 병합(merging)하는 과정이며, 이를 이용하여 병합된 영상의 특징을 분석하는 것이다. 자료의 통합 과정에서 중요한 두 단계는 동일한 프레임 영상의 등록(Registration)과 지상에서의 동일한 지역에 해당하는 점의 값을 영상에 융합하는 자료 융합(Data fusion)이 있다. 자료의 통합

* 경상대학교 건설공학부 도시공학과 석사과정 · 055-751-5321 (E-mail : wildbull@hanmail.net)
** (재) 석곡관측과학기술연구원 · 02-3453-9800 (E-mail : tom51@sog.or.kr)
*** (재) 석곡관측과학기술연구원장 · 02-3453-9800 (E-mail : Yeubm@sog.or.kr)
**** 경상대학교 건설공학부 도시공학과 교수 · 공학박사 · 055-751-5321 (E-mail : hhyoo@nongae.gsnu.ac.kr)

은 자동화과정이 효과적이지만 프레임이 다른 영상의 등록에서는 일반적으로 수동처리가 필요하다. 이런 이유로 일련의 처리과정에서 지체현상이 발생하는데, 이 지체현상을 제거하고 공간 정보물의 안정성을 확보하기 위해서는 자동영상등록 기술을 개발할 필요가 있다. 본 연구에서는 이에 필요한 자동영상등록 기술을 개발하였으며, SAR 영상과 광학영상은 센서의 차이에 따라 영상에서 나타나는 지형요소가 다르므로 각각의 영상에서 지형요소를 추출하였다. 같은 좌표로 등록된 영상에서 지형요소를 추출하는데 Wavelet 변환기법, 윤곽선 검출기법, 모폴로지(Morphology)기법을 이용하여 지형요소를 추출하고 이를 비교하였다.

2. 영상자동등록 이론

영상 등록은 레이다 센서나 광학 센서로부터 같은 시간 혹은 다른 시간에 취득된 다중영상들 간에 정확한 상호표정을 결정하는 과정이며 동일한 물리적인 영역을 가진 두 영상에서 동일점의 좌표를 취득하기 위해 두 영상을 정합하는 처리과정이다. 영상정합은 영상 등록과정의 한 부분으로, 영상의 중복되는 부분에서 동일 대상물이 어느 위치에 있는지를 검색하는 과정이며, 두 번째 영상에서 첫 번째 영상과 대응관계에 있는 지형요소를 구하는 것이다. 지형요소는 밝기값, 형상, 상징적인 관계나 기호특성 등을 포함한다.

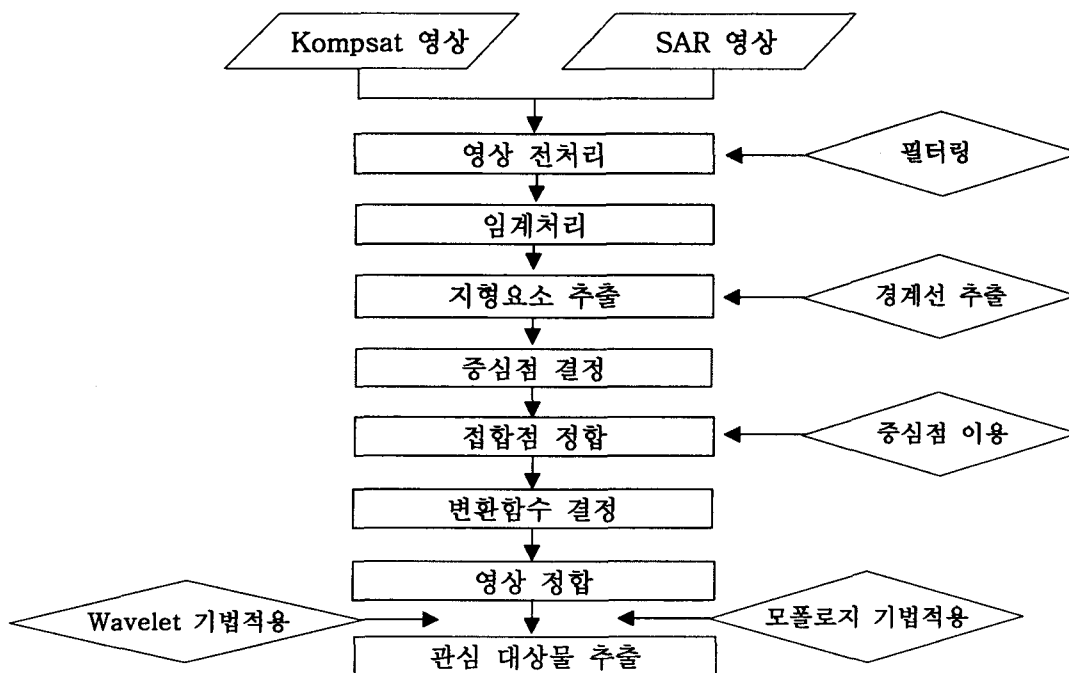


그림 2 자동 영상 등록의 흐름도

기존의 연구를 살펴보면 영상의 센서 종류에 따라 알고리즘의 응용이 한정적인 등록 방법이 사용되었다. 그러나 본 연구에서는 Radarsat과 Kompsat 영상과 같은 이기종의 센서에서 취득된 영상을 등록하는데 적용할 수 있는 방법의 개발과 아울러 기존에 수동으로 접합점을 찾는 과정을 자동으로 처리할 수 있도록 하였다. 따라서 기존 연구에서 강조하던 영상의 정합방법 분류나 변환 기술보다는 Radarsat과 Kompsat 센서 영상에서 나타나는 공통적인 지형요소를 찾고, 양쪽의 영상에서 정확한 접합점을 자동으로 추출하는데 중점을 두었다. 영상에서는 센서의 종류에 따라 실제

로는 같은 지형이라도 그 형태나 영상소의 밝기값이 차이가 있다. 이런 문제점을 해결하기 위해 추출하고자 하는 영상의 히스토그램을 분석하여 임계값을 적용하는 방법을 이용하였다. 동시에 추출된 지형요소의 영역 경계정보를 이용하여 중심점을 계산하고, 추출된 중심점은 정합하고자 하는 두 개의 영상에서 접합점으로 사용하였다. 또한 중심점은 영상의 변환함수에서는 매개변수로 사용되었다.

3. 지형요소 추출 이론

영상에서 나타나는 호수와 같은 동질영역이나, 도로, 건물 등은 영상에서 주요한 지리적 요소이다. 이러한 지형요소들은 영상의 특징에 따라 서로 다르게 나타나며, 동일한 종류의 영상이라도 촬영시점이나 촬영각에 따라 서로 다르다. 특히 Radarsat 영상과 같은 SAR 영상과 Kompsat과 같은 광학영상은 앞서 밝혔듯이 영상의 특징이 크게 다르므로 각각의 영상에서 나타나는 지형요소 또한 다르게 나타난다. Radarsat 영상의 경우 측면에서 기울인 각(side looking)으로 촬영하기 때문에 지형요소들이 산맥과 같은 지형물에 가려서 보이지 않는 경우도 있으며, 광학영상에 비해 상대적으로 낮은 해상도의 지상해상도를 가진다. 이에 반해 광학영상의 경우는 시각적으로 보이는 그대로의 형상을 그대로 취득할 수 있는 장점이 있으나 기상상태가 좋지 않을 경우는 영상을 취득할 수가 없다. 따라서 같은 좌표로 변환된 두개의 다른 영상에서 각각의 지형요소를 추출하여 서로 비교하고 관측되지 않았거나 추출되지 않은 부분을 보완한다.

3.1 Wavelet 변환 기법

Wavelet의 기본개념은 스케일에 따라서 분석하는 것으로서, 푸리에(Fourier)변환에 기반을 둔 기존의 신호처리 알고리즘에 비해 속도가 빠르고 시간과 주파수 영역에서 신호의 국소화를 효율적으로 구현하기 때문에 최근 많이 이용되고 있는 기법이다. 본 연구에서는 Wavelet 변환기법을 이용하여 지형요소를 추출하였다. 영상을 Wavelet 변환한다는 것은 2차원 신호를 Wavelet 변환시키는 것이다. 1차원 Wavelet 변환의 2차원으로서의 확장은 1차원 Wavelet 변환을 영상의 x와 y성분에 대해 각각 별도로 실시하면 간단하게 수행될 수 있다. Wavelet 변환은 영상을 다해상도로 분석하는 개념으로 이루어진 피라미드 알고리즘을 이용하여 트리 형태로 영상을 분할하게 된다. 그리고 저해상-고해상(coarse-to-fine)형태로 구성되기 때문에 pattern 인식 알고리즘에 유용하며, 입체영상의 정합과 template 정합과 같은 영상처리를 위해 다양한 분야에서 연구되고 있다.

3.2 윤곽선 검출

윤곽선은 영상 안에서 영역의 경계를 나타내는 특징으로 물체의 윤곽에 대응되며 이것은 대부분 물체의 경계에 해당하는 곳이므로 픽셀 값의 불연속이나 픽셀 미분 값의 불연속점에 존재한다. 대부분의 윤곽선 검출 마스크는 잡음에 대해 매우 민감한 특성을 가지고 있어서 작은 부분도 윤곽선으로 검출하는 단점이 있다. 그러나 2차 미분값을 이용하는 라플라시안(Laplacian) 윤곽선 검출법은 국지적으로 최대인 점만을 윤곽선으로 인정하는 특징을 보인다. 이상적인 윤곽선 검출은 윤곽선의 중심에 존재하는 윤곽선만을 표시해야 하는데 라플라시안 연산자는 이러한 윤곽선의 국한성을 잘 보여준다. 라플라시안 연산자는 연산속도가 매우 빠르고 모든 방향의 윤곽선을 검출해 내며 다른 연산자와 비교하여 날카로운 윤곽선을 검출해 낸다. 프로그래밍 내부적으로는 검출된 윤

곽선에 다시 임계값을 설정하는 루틴을 삽입하여 원하는 윤곽선을 검출하기 위해 값을 조절할 수 있도록 하였다.

3.3 형태처리 모폴로지 기법

윤곽선 검출을 사용하여 추출된 지형요소의 윤곽선은 실제와는 다르게 확장되거나 축소되어 나타난다. 또한 추출을 원하지 않는 작은 지형요소가 여전히 존재하기도 한다. 이때 추출된 지형요소를 원래의 모습과 유사하게 복원시키거나 원하지 않는 작은 지형요소를 잡음으로 간주하여 처리하는 기법의 한 종류로써 형태처리 모폴로지 기법을 들 수 있다. 모폴로지 기법은 많은 부분에서 활용도가 높을 뿐 아니라, 많은 프로젝트에서 여러 가지 방법으로 변형되어 사용되고 있다. 모폴로지 기법은 접근 방법에 따라 매우 높은 성과를 기대할 수 있으며 전체 영상에서의 기본적인 특성을 유지하면서 형태의 변화를 가져 올 수 있다.

모폴로지 기법이란 어떤 영상의 형태적인 면을 조작하는 것으로 경계, 골격, 블록과 같은 영역 형태를 표현하거나 서술하는데 있어서 유용한 영상 요소들을 추출하기 위한 도구로서 수학적 형태론의 개념으로 사용한다. 영상 전처리 작업이나 초기 객체분류 또는 이러한 처리 뒤에 이어서 물체의 내재된 구조를 명확히 하는데 이용된다. 이것은 물체의 외곽선을 물체의 가장 현저한 1픽셀 두께의 외곽선이나 골격선을 간단하게 함으로써 이루어진다. 즉 최 외곽선의 한 픽셀을 빼거나 더하는 작업을 말한다. 그러므로 한 픽셀의 잡음은 제거될 수도 있고 두 픽셀로 확장시킬 수도 있다. 물체와 배경과의 사이에서 물체의 축소나 확장의 결과로 볼 수 있다. 모폴로지 알고리즘으로는 침식 연산, 팽창 연산, 열림 연산, 닫힘 연산으로 분류할 수 있다. 각 연산들은 독립적으로 사용되지만 일반적으로 원하는 결과 영상을 얻기 위해 몇 개의 연산을 병행하여 수행하는 경우가 많다.

4. 결과분석

4.1 연구대상 위성영상 자료



그림 3 Kompsat영상

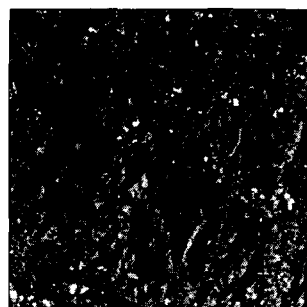


그림 4 Radarsat영상

그림 3과 4는 연구대상 지역인 아산지역을 촬영한 Kompsat영상과 Radarsat영상이다. Kompsat 영상은 2000년 5월 8일 11시경 촬영한 것으로 해상도 6.6m이며, Radarsat영상은 1998년 8월 12일 18시경 촬영한 것으로 해상도는 약 30m이다.

4.2 밝기값 임계설정에 의한 지형특성 추출

본 연구에서는 median 필터링으로 전처리를 하여 지형요소를 추출하기 용이하게 하였다. 영상에 적절한 임계값을 적용하기 위하여 히스토그램을 분석하고 이진화하였고, Patch를 추출하는 방법을 이용하였다. 이 방법은 빛의 산란이나 기타 이유로 인해서 동일지역임에도 밝기값의 편차가 있는 영상에서 지형요소를 추출할 때도 유효한 효과가 있다. 따라서 동일한 센서에서 취득된 영상은 물론이며 다중센서 영상에서도 적용이 가능하다. 그림 5와 그림 6은 이진화된 실험 영상에서 patch 형태의 지형요소를 추출한 것이다. 추출된 지형요소의 경계정보를 구하고 중심점을 계산하여 이를 접합점으로 이용하였다.

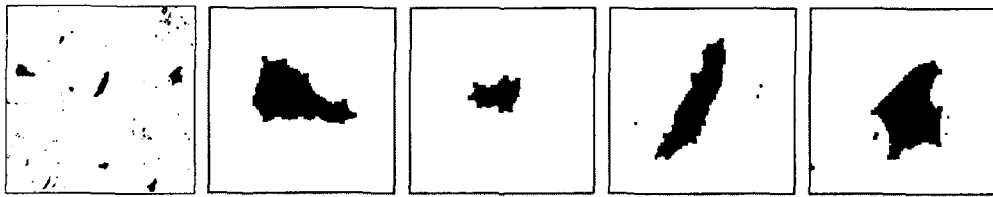


그림 5 Kompsat 영상과 지형요소 추출 및 경계정보 표시

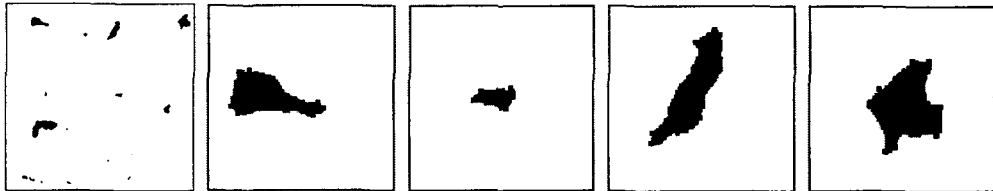
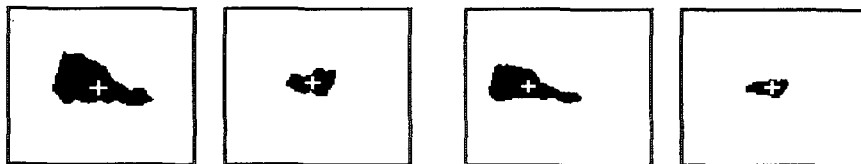


그림 6 Radarsat 영상과 지형요소 추출 및 경계정보 표시

4.3 중심점 계산

추출된 Patch의 경계정보를 이용하여 중심점을 계산하였다. 그림 7은 두개의 영상에서 추출된 Patch의 중심점을 비교한 것으로 Patch의 형태에 따라 약간의 차이는 있지만 거의 일치하는 것을 볼 수 있다. 계산된 중심점은 두 영상의 정합에서 접합점으로 사용되었으며, 동시에 영상재배열을 위한 변환함수의 매개변수를 계산할 때의 기준점으로 사용되었다.



1) Kompsat 영상

2) Radarsat 영상

그림 7 Kompsat과 Radarsat에서 추출된 중심점의 비교

4.4 영상등록 및 오차계산

영상등록시 부등각사상변환(Affine Transformation)을 이용하여 영상을 변환하였으며, 공일차 보간법을 이용하여 영상을 재배열하였다. 등록된 영상의 결과물을 평균제곱근오차를 이용하여 확인

해 본 결과 수평위치에서 2~3 영상소를 나타내었다.

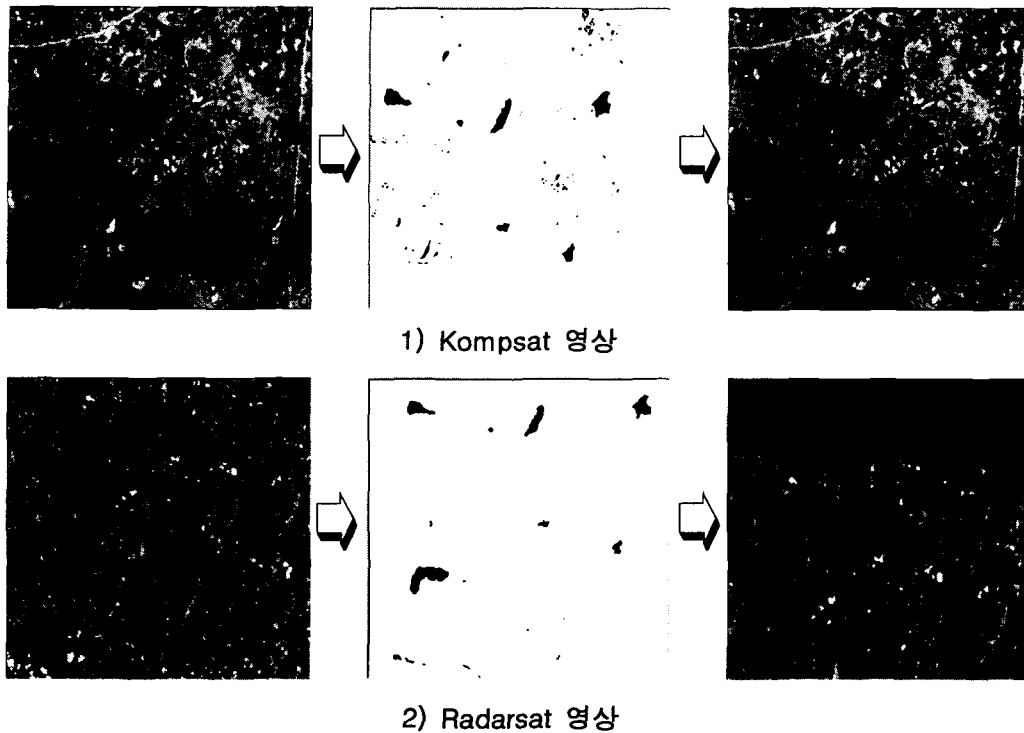


그림 8 Kompsat 영상을 기준으로 한 Radarsat 영상의 등록

5. 지형특성 추출

5.1 Wavelet 이용 지형특성 추출

Wavelet 변환은 영상을 다해상도로 분석하는 개념으로 효과적인 분석을 위한 계층적 구조를 제공한다. 대상 지역영상에 Daubechies 4 계수를 이용하여 영상을 분해하고, 잡음을 제거하기 위해 Modulus maxima 방법을 적용하였다. 그림 9는 각각 Wavelet 분해를 하여 지형특성을 분석한 Kompsat과 Radarsat 영상이다.

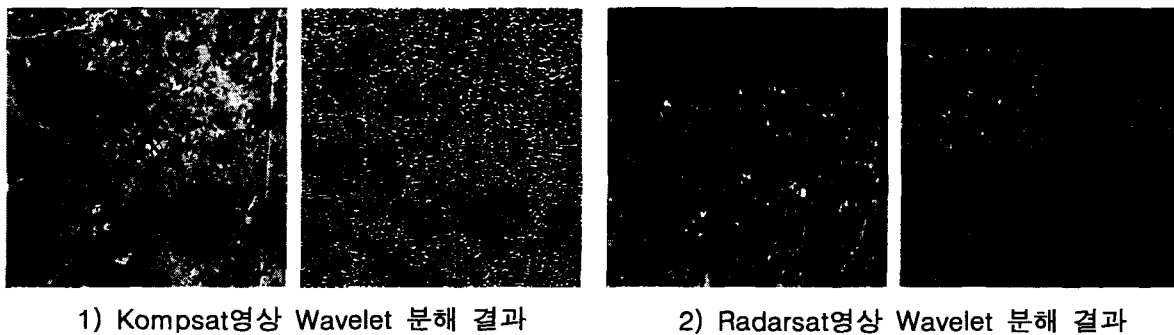
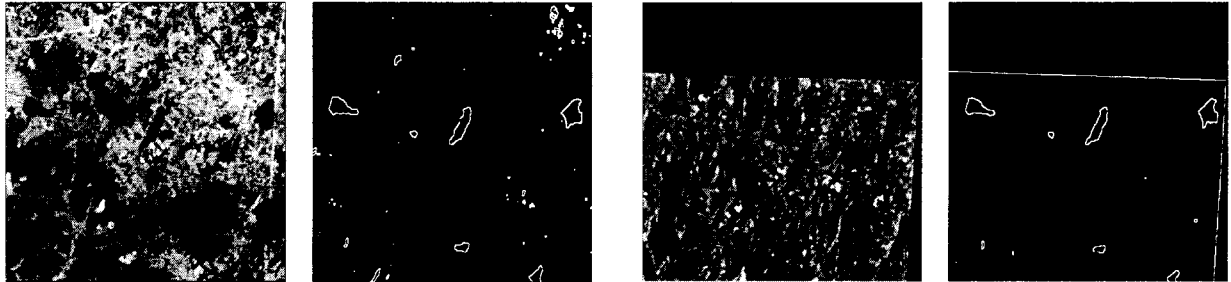


그림 9 Wavelet 변환에 의한 지형요소 추출

5.2 라플라시안 마스크와 모폴로지 기법을 이용한 윤곽선 검출

라플라시안 마스크를 이용하여 영상에서 지형요소의 윤곽선을 검출하고 모폴로지 기법을 이용하여 추출된 지형요소를 비교한 것이다. Kompsat 영상의 경우는 Radarsat 영상에 비해 공간해상도가 높으므로 상대적으로 많은 지형요소들이 추출되었다.



1) Kompsat영상 윤곽선검출 후 모폴로지 처리 2) Radarsat영상 윤곽선 검출 후 모폴로지 처리

그림 10 윤곽선 검출 및 모폴로지 기법에 의한 지형요소 추출

6. 결론

첫째, 이기종센서 영상인 Radarsat 영상과 Kompsat 영상을 통합하기 위해 지형요소 추출, 중심점 정합, 접합점 정합, 영상등록 등과 같은 처리과정을 자동화할 수 있는 영상 자동등록 방법을 제시하였다.

둘째, 영상등록의 자동화를 위해 밝기값 임계설정에 의한 방법을 개발하였으며, 자동영상등록의 수평 위치 정확도는 2~3영상소로 나타났다.

셋째, 지형요소 추출을 위해 Wavelet 변환방법과 라플라시안 윤곽선 검출법을 시도하였다.

넷째, Kompsat 영상의 경우 Radarsat 영상에 비해 공간해상도가 뛰어나므로 상대적으로 많은 수의 지형요소들이 추출되었으며 이를 제거하기 위해 모폴로지 기법을 적용하여 간소화하였다.

참 고 문 헌

1. 유복모(2001) 현대디지털사진측량학, 문운당.
2. 유환희, 송영선, 성재열(1999) 대축척 정사투영영상 생성을 위한 건물폐색보정, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 19권, III-2호, pp.305~312.
3. 장동혁(2001) 디지털 영상처리의 구현, 정보게이트
4. 정인철, 손지연(2001) 웨이블릿 변환과 다중해상도분석을 이용한 고해상도 위성영상에서의 도로망 추출, 한국지리정보학회지, 4권, 3호, pp.61~70.
5. Paul M. Dare(2000) New Techniques for the Automatic registration of Microwave and Optical Remotely Sensed images, Ph.D dissertation, University of London, Gower Street London, UK.